

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-356972

(43)Date of publication of application : 10.12.1992

(51)Int.Cl.

H01L 31/04

(21)Application number : 03-130960

(71)Applicant :

SHARP CORP

(22)Date of filing : 03.06.1991

(72)Inventor :

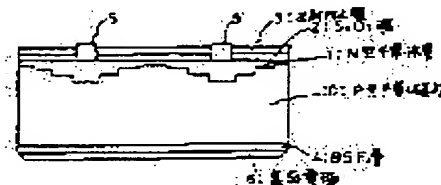
OKAMOTO KOJI
OKUNO TETSUHIRO
MORIUCHI SOTA
NAKAJIMA KAZUTAKA
YOKOZAWA YUJI
NUNOI TORU

(54) MANUFACTURE OF PHOTOELECTRIC CONVERTER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a gradient in a junction depth which as difficult in a conventional thermal diffusion method, particularly to reduce a junction depth of a center between collectors, to reduce a series resistance component by gradually increasing the junction depth in a collecting direction of optically generated minority carrier, to improve a short wavelength sensitivity by equivalently realizing shallower junction than that of prior art, and to reduce influence of heat to a substrate.

CONSTITUTION: An N-type semiconductor layer 1 having a step type junction surface is formed by partially linearly radiating one side surface of a P-type semiconductor substrate 10, for example, with an excimer laser having 308nm of a wavelength using an XeCl, and a depth of the junction is shallower than that of a conventional thermal diffusion as an entire diffused layer. Collectors 5 are formed on the surface of a deep part of the depth of the junction. The other configuration is the same as that of prior art.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-356972

(43) 公開日 平成4年(1992)12月10日

(51) Int.Cl.³

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 31/04

7376-4M

H 0 1 L 31/04

A

審査請求 未請求 請求項の数1(全6頁)

(21) 出願番号

特願平3-130960

(22) 出願日

平成3年(1991)6月3日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 岡本 浩二

大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(72) 発明者 奥野 哲啓

大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(72) 発明者 森内 荘太

大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 深見 久郎

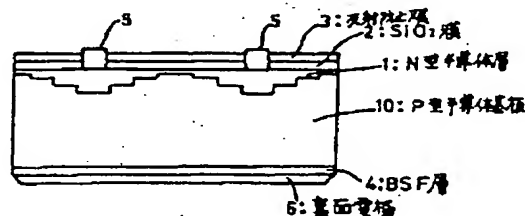
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光電変換素子の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 従来の熱拡散法では困難であった接合深さに勾配を持たせ、特に集電極間の中央部分の接合深さを浅くし、光生成された少数キャリアの収集方向に徐々に接合深さを深くすることによって直列抵抗成分を低減するとともに、等面的に従来より浅い接合を実現することによって短波長感度を改善するとともに基板に対する熱の影響を小さくさせる。

【構成】 P型半導体基板10の片面にたとえばXeClを用いた波長308nmのエキシマレーザを部分的に線状に照射することによって階段型の接合面を有するN型半導体層1を形成し、拡散層全体としては従来の熱拡散による接合深さより浅くする。接合深さの深い部分の表面に集電極5を形成する。その他は従来と同様である。



(2)

特開平4-356972

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の導電型の半導体基板の表面に、レーザにより第2の導電型を与えるドーピングを行ない、集電極の形成予定領域の下部は深く集電極とこれに隣接する集電極との中間に向かって浅くされた接合深さを有する第2の導電型の半導体層を形成し、第2の導電型の半導体層の接合深さの深い部分の表面に集電極を形成することを特徴とする光電変換素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光電変換素子の製造方法の改良、特にその表面のPN接合面の製造に関するものである。たとえば、シリコン結晶系の太陽電池に使用するとその効果は特に大きい。

【0002】

【従来の技術】光電変換素子の一例として、図6に示されるシリコン太陽電池の例について説明する。

【0003】従来、シリコン太陽電池は、第1の導電型たとえばP型半導体基板10の表面すなわち受光面側に、POC1、などの熱拡散を行なって、第2の導電型たとえばN型半導体層1を形成し、これらの半導体層の界面にPN接合を形成する。裏面側には、全面にわたりBSF（バックサーフェスフィールド）層4を形成し、さらに裏面電極6を形成する。この場合A1ペーストを裏面に印刷し焼成することにより裏面電極6が形成され、その内部ではP/P⁺のハイ・ロー障壁が形成されることにより、BSF層4を形成することができる。また、受光面側には、全面にわたりパッシベーションのためのSiO₂：膜2および反射低減のための反射防止膜3が形成される。最後に、反射防止膜3の表面からN型半導体層1の表面に達する所望のパターンの集電極5を設ける。この場合、反射防止膜3およびSiO₂：膜2に孔をあけて、集電極5を蒸着する方法もあるが、近年は量産化のため、反射防止膜3の表面にAgを主成分とする金属ペーストを印刷し、焼成により前記反射膜3およびSiO₂：を貫通して、N型半導体層1と接する焼成貫通型の電極が用いられる。

【0004】受光面の電極5の占有率を上げると集電の効率はよくなり、曲線因子はよくなるが、有効受光面が減少するため、光発生電流の低下をもたらす、素子効率としては低くなる。また集電のための電極の形状や構造が素子の効率に影響を及ぼし、さらに、拡散層の不純物濃度や接合深さも素子の特性に影響する。

【0005】つまり、電極の面積の大小以外に、素子の特性を左右するものは、光発生電流による直列抵抗損失であり、これは集電極自体の抵抗損失、バルクの直列抵抗成分なども挙げられるが、最も大きな要素は、光により発生した少数キャリアが集電極に達するまでに拡散層を横切る損失である。

【0006】この抵抗損失を低減するための手段として

は、

(1) 微細な幅の電極を多数本形成して、少数キャリアの生成から取出部までの距離を短くする。

【0007】(2) 拡散層の横方向抵抗を下げるため、拡散層の表面不純物濃度を高く、かつ接合深さを大きくする。などが挙げられる。

【0008】さらに、短波長感度をより高くし、素子の特性を改善する方法として、拡散層の表面にSiO₂：膜を形成して少数キャリアの表面再結合を低減させる表面パッシベーション技術や、パッシベーション技術に合わせた接合深さの低減化の検討も進んでいる。

【0009】また、少数キャリアの横方向抵抗を低減させる一手法として、接合深さを集電極に向かって段階的に深くさせる方法も考えられ、その方法として、受光面の拡散層を段階的に形成するために、イオンインプランテーション法も考えられている。

【0010】しかしながら、後述のような問題があるため、現状では、熱拡散法を用い、拡散層の接合深さは一様に約0.3ミクロンとし、その面抵抗は50Ω/□（表面不純物濃度C_sは約5×10¹³cm⁻³）で、集電極の占有率は7%前後にとどまっている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】前述の微細な幅の電極を多数形成する方法は、たとえば金属ペーストの印刷性から、その線幅は100ミクロン程度が限界であり、あまりに電極部分の占有率を上げることは、電極直下部が光に対して影となるため、光発生電流の低下につながる。

【0012】拡散層の表面不純物濃度を高く、かつ接合深さを大きくする方法は、拡散層内での少数キャリアの再結合が増加することになる。

【0013】表面パッシベーションとそれに合わせた接合深さの低減化は、実用レベルの印刷電極形成法においては、表面パッシベーションは行なえるが、接合深さの低減化は短波長の感度増大には寄与しても、前述のように直列抵抗の増大ということになる。

【0014】接合深さを段階的に深くする方法は、通常の熱拡散法では均一な深さの接合しか得られないので使用することができない。イオンインプランテーション法を用いれば接合深さを段階的に深くすることもできるが、大規模な設備、高真空およびアニール処理などが必要のため実用的な手段とは言いがたい。

【0015】要約すれば、熱拡散法では、接合深さを同じ工程内で変えることが困難であることおよび素子の直列抵抗損失を考慮した場合、接合深さを大幅に浅くすることができず、曲線因子の低下につながるため、電極占有率を大きく変えずに、素子の短波長感度向上を図ることは困難であった。

【0016】また、熱拡散法を使用するときは、処理温度が高いため基板への熱影響が大きく、少数キャリアの

(3)

特開平4-356972

3

バルクライフタイムも損なうことがあった。このため、長波長感度が低下した。

【0017】本発明の目的は、上記問題点を解決し、電極部分を変更することなしに、等価的に接合深さを浅くし、かつ曲線因子の良好な高効率光電変換素子を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明においては、第1の導電型の半導体基板の表面に、レーザにより第2の導電型を与えるドーピングを行ない、集電極の形成予定領域の下部は深く、集電極とこれに隣接する集電極との中間に向かって浅くされた接合深さを有する第2の導電型の半導体層を形成し、第2の導電型の半導体層の接合深さの深い部分の表面に集電極を形成するようにした。

【0019】

【作用】各集電極間の中央部分の接合深さを浅く、集電極に向かって徐々に接合を深くすることによって、各集電極中間部で短波長光によって生成されたキャリアは、集電極に至るまでに徐々に低抵抗の拡散層領域を通過するため直列抵抗損失を小さくすることができる。したがって短波長感度を改善するとともに、光生成された少数キャリアの抵抗損失を小さくすることができる。同時に短絡電流も改善される。

【0020】また、ドーピングの際レーザによりシリコン基板表面の熔融固化プロセスとなるため、基板の加熱は、約700℃以上となることはなく、熱影響が少ないため少数キャリアのバルクライフタイムを損なうことがない。このため長波長感度も向上し、短絡電流の増加、高効率化を図ることができる。

【0021】

【実施例】以下、本発明の一実施例について説明する。

【0022】図1は、本発明の一実施例によって製造した結晶シリコン系太陽電池の断面図を示す。図6に示される従来の構造と異なるところはN型半導体層1の接合面の深さである。図6と同一の部分については同一の符号を付してある。

【0023】図1において、シリコンよりなるP型半導体基板10の表面洗浄後、破砕層除去のため化学エッチングを施す。続いて、P型半導体基板10に対してN型ドーパント（たとえば PH_3 、 PCl_3 、 AsH_3 など）を含む気相中で、レーザたとえば、308nmの波

4

長を持つXeClエキシマレーザを種々条件を変化させながら、各集電極の間でN型半導体層1の接合深さが浅くなるように、照射してドーピングを行なった。

【0024】エキシマレーザによるドーピングの機構は、高エネルギー密度の短波長レーザ照射によるシリコン基板表面の熔融拡散であり、固体シリコンよりも熔融シリコン中の方が拡散係数が大幅に大きいことを利用するとともに、エキシマレーザに対するシリコンの吸収係数が約 10^3 cm^{-1} と極めて高いことを利用して、基板表面のみを加熱熔融する浅い接合形成に最適である。

【0025】実験では、 PCl_3 ガス雰囲気中で照射エネルギーを変化させて、集電極5、5の予定領域間の接合深さを徐々に変えた。

【0026】図2は、横軸にレーザエネルギー密度を示し、縦軸に熔融シリコン層厚さを示し両者の関係を表わすものである。約 0.5 J/cm^2 を超えるエネルギー密度で熔融が始まり、 1.6 J/cm^2 で約0.4ミクロンの深さまで熔融の進むことがわかる。一方、このときの表面不純物濃度はSIMS評価より、 10^{20} cm^{-3} 以上あり、太陽電池拡散層の表面濃度としては十分であるとともに、熱拡散と異なりその不純物分布は、ボックス型となっており、従来の熱拡散法でのガウス分布よりも面抵抗を下げることができる。

【0027】図3は、横軸に各パルスあたりのレーザエネルギー密度を取り、縦軸に拡散層面抵抗を取り両者の関係を表わすものであるが、 0.7 J/cm^2 で約 $1000 \Omega/\square$ 、 0.8 J/cm^2 で $1000 \Omega/\square$ 、 1 J/cm^2 を超えると $20 \sim 30 \Omega/\square$ の値となる。

【0028】これらの結果を参照して、実際のセルの接合形成を行なった。現状では一般的に電極ピッチが3.7mmで、電極幅が100ミクロンであるため、これに合わせて図4に示すように、電極および基板間の接触抵抗を下げるため、集電極5の直下のAゾーンは深く、BCD各ゾーンを順次に浅くし電極間中央部Eゾーンで最も浅くなるように、エネルギーと照射スポットを調整して最終的な接合深さを決めた。

【0029】下記の表1は、各ゾーンでのレーザエネルギー密度と接合深さおよび表面不純物濃度を示す。

【0030】

【表1】

(4)

特開平4-356972

5

6

ゾーン	レーザー密度 (J/cm ²)	接合深さ (μm)	表面濃度 (cm ⁻³)
A	2.5	0.70	1×10 ²¹
B	1.6	0.42	6×10 ¹⁹
C	1.3	0.30	6×10 ¹⁹
D	1.0	0.22	5×10 ¹⁹
E	0.8	0.18	3×10 ¹⁹

【0031】しかる後、表面パッシベーション膜となるSiO₂膜2をN型半導体層1上に熱酸化法により800℃前後で約100～150オングストローム形成する。続いてさらにその表面に熱CVD法でTiO₂よりなる反射防止膜3を形成した後、P型半導体基板10の裏面に、バルク側で吸収される長波長光の収集効率を改善するためのBSF層4を形成する。BSF層4は、Alペースト6の印刷後、酸化性雰囲気中において700℃で焼成して形成した。

【0032】続いて受光面電極5は、Agを主成分とす*

*るペーストを所望のパターンで印刷後、600℃で焼成して形成する。このペーストは反射防止膜3およびSiO₂膜2を焼成により貫通して、N型半導体装置1の表面と良好な接触をする。

【0033】下記の表2は、本発明による段階的な接合を有するものと、接合深さが一様に0.3ミクロンである従来構造1と、接合深さが一様に0.2ミクロンである従来構造2とのそれぞれの特性を示すものである。

【0034】

【表2】

	J _{sc} (mA/cm ²)	V _{oc} (mV)	FF	η _{pn} (%)	備考
本発明	38.0	620	0.74	16.5	段階接合
従来構造1	34.4	618	0.74	15.7	接合深さ 0.3 μm
従来構造2	35.8	619	0.52	11.5	接合深さ 0.2 μm

【0035】図5は表2で示した本発明による太陽電池と従来構造1の太陽電池との分光感度特性を示すグラフであって、横軸は波長、縦軸は分光感度を示し、実線Aは本発明による太陽電池の特性、点線Bは従来構造1による特性を示すものであって、短長両波長領域において感度が改善されていることがわかる。

【0036】接合形成に際しエキシマレーザを用いると、浅い接合形成が容易に可能となるとともに、レーザの発振周波数が100Hzであるため、100ミリ角寸法のシリコン基板でも、図4に示されるA～Eのいずれかの接合を形成するために約1秒、電極ピッチ間ではゾーンが8個あるから約8秒、基板全体でも約4分で処理を終えることができる。勾配領域のゾーンの数を減らすことによって1枚につき約2分で処理することも可能となる。またレーザ照射の制御により接合深さを段階的ではなく連続して変化させることもできるであろう。

【0037】

【発明の効果】PN接合型で、集電極を具備する太陽電池

池において、集電極間の接合深さをレーザドーピング法で勾配を持たせることによって、従来の熱拡散法により形成された均一な深さを持つ接合層に比し等価的に接合を浅くすることができ、特別な電極形成法を用いることなく短波長感度を増大できる。

【0038】焼成温度以上の熱履歴を経験しないため、900℃近い温度下では予想されるバルクライフタイムの低下が少なく、バルクで吸収される長波長光の感度を向上させることができる。

【0039】以上のように本発明によれば、高温を使用する熱拡散法を用いることなく、短絡電流が高く、かつ曲線因子の良好な長短両波長に対して感度の高い光電変換素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明により製造した太陽電池の略断面図である。

【図2】XeClエキシマレーザのエネルギー密度と照射されたシリコン基板表面の熔融シリコン層の厚みとの

(5)

特開平4-356972

7
関係を示すグラフである。

【図3】 PCl: ガス中におけるレーザエネルギー密度と拡散層面抵抗の関係を示すグラフである。

【図4】 本発明の一実施例における接合深さプロファイルの図面である。

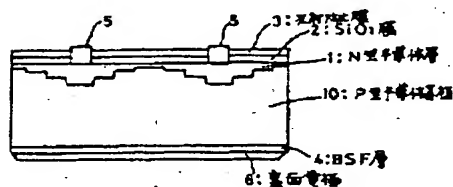
【図5】 本発明を実施した太陽電池と従来構造との特性の比較を示すグラフである。

【図6】 従来の太陽電池の断面図である。

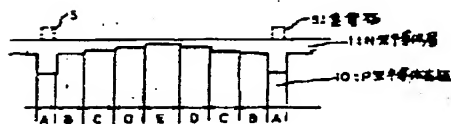
【符号の説明】

- 1 N型半導体層
- 2 SiO₂膜
- 3 反射防止膜
- 4 BSF層
- 5 集電極
- 6 裏面電極

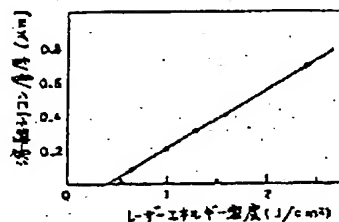
【図1】



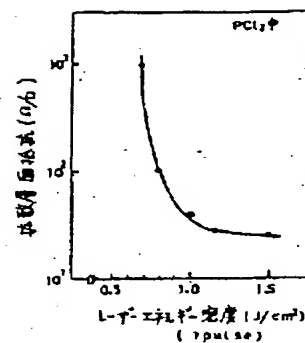
【図4】



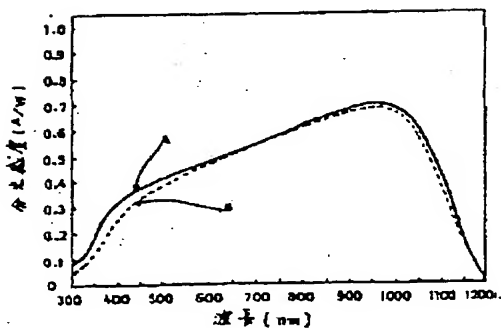
【図2】



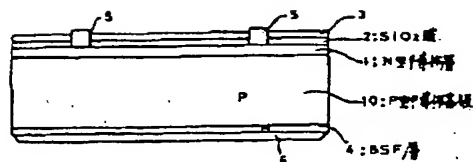
【図3】



【図5】



【図6】



(6)

特開平4-356972

フロントページの続き

(72)発明者 中嶋 一孝

大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ
株式会社内

(72)発明者 横沢 雄二

大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ
株式会社内

(72)発明者 布居 徹

大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ
株式会社内